

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):





- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**Joined parts of Ni-Ti alloys with different metals and joining method therefor.**

**Patent number:** EP0508414  
**Publication date:** 1992-10-14  
**Inventor:** NAKAMURA MASAYUKI (JP); SHIROYAMA KAISUKE (JP); MASUNAGA SATORU (JP); MURATA KAZUO (JP)  
**Applicant:** FURUKAWA ELECTRIC CO LTD (JP); MASUNAGA MENLO PARK CO LTD (JP)  
**Classification:**  
- **International:** B23K11/20; B23K20/22; B23K103/14  
- **European:** B23K11/20, B23K20/22, B23K20/227, B23K20/233  
**Application number:** EP19920106086 19920408  
**Priority number(s):** JP19910103452 19910409

**Also published as:** EP0508414 (B1)**Cited documents:** EP0205859  
 DE3117432  
 EP0235490**Abstract of EP0508414**

A joined parts of Ni-Ti alloys with different metals having a joined interfacial parts of Ni-Ti alloys with different metals other than said alloy, comprising a melt forged structure obtained through the reactive fusion due to the fusion of at least one metal bordering on said joined interface and the application of pressure, and a hot forged structure of Ni-Ti alloys obtained by softening said alloy at high temperature and applying pressure on the side of Ni-Ti alloys and a hot forged structure of said different metals obtained by softening said metal at high temperature and applying pressure on the side of different metals across said melt forged structure, and a direct joining method for obtaining this joined parts are disclosed. It is possible to join Ni-Ti alloys component with different metals component providing high strength without deteriorating the characteristics.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide





①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Übersetzung der  
europäischen Patentschrift

⑧7 EP 0 508 414 B1

⑩ DE 692 12 365 T 2

⑥1 Int. Cl. 6:  
B 23 K 11/20  
B 23 K 20/22

②1 Deutsches Aktenzeichen:	692 12 365.2
⑧6 Europäisches Aktenzeichen:	92 106 086.9
⑧6 Europäischer Anmeldetag:	8. 4. 92
⑧7 Erstveröffentlichung durch das EPA:	14. 10. 92
⑧7 Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA:	24. 7. 96
④7 Veröffentlichungstag im Patentblatt:	2. 1. 97

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1  
09.04.91 JP 103452/91

⑦3 Patentinhaber:  
Masunaga Menlo Park Co. Ltd., Fukui, JP; The  
Furukawa Electric Co., Ltd., Tokio/Tokyo, JP

⑦4 Vertreter:  
Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 München

⑧4 Benannte Vertragsstaaten:  
AT, DE, FR, GB, IT

⑦2 Erfinder:  
Nakamura, Masayuki, Yokohama-shi,  
Kanagawa-ken, JP; Shiroyama, Kaisuke, Zama-shi,  
Kanagawa-ken, JP; Masunaga, Satoru, Fukui-shi,  
Fukui-ken, JP; Murata, Kazuo, Fukui-shi, Fukui-ken,  
JP

⑧4 Verbundene Teile von Ni-Ti-Legierungen mit verschiedenen Metallen und Verbindungsverfahren dafür

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 692 12 365 T 2

DE 692 12 365 T 2

Deutschsprachige Übersetzung der Beschreibung  
des europäischen Patents Nr. 0508 414  
der europäischen Patentanmeldung Nr. 92 106 086.9-2302

5

10 Die vorliegende Erfindung betrifft hochfeste miteinander  
verbundene Teile aus Ni-Ti-Legierungen, insbesondere einer  
Ni-Ti-Legierungskomponente, die Formerinnerungseigenschaf-  
ten oder Superelastizitätseigenschaften besitzen, mit  
15 unterschiedlichen Metallen oder unterschiedlichen Legierun-  
gen, sowie ein Verbindungsverfahren hierfür.

Die vorstehend erwähnten Formerinnerungseigenschaften und  
Superelastizitätseigenschaften resultieren beide aus der  
sogenannten thermoelastischen Martensit-Transformationsform  
20 mit geringer Transformationshysterese. Bei dem Formerinne-  
rungsvermögen handelt es sich um ein Phänomen, gemäß dem  
die Verformung im Martensit-Temperaturbereich zur ursprüng-  
lichen Form zurückkehrt, wenn eine Erhitzung über die Tem-  
peratur der inversen Martensit-Transformation (Austenit-  
25 Transformation) durchgeführt wird. Bei der Superelastizität  
handelt es sich um ein Phänomen, gemäß dem sich ein im  
Austenit-Temperaturbereich verformtes Material elastisch um  
8 % der Formänderung wie Gummi selbst ohne das vorstehend  
erwähnte Erhitzen durch eine spannungsinduzierte Martensit-  
30 Transformation, die von einer Verformung begleitet wird,  
erholt.

Von den Materialien, die derartige Formerinnerungs- und  
Superelastizitätseigenschaften besitzen, sind die Ni-Ti-  
35 Legierungen in der Praxis am meisten eingesetzt worden. In

der Praxis verwendete und Formerinnerungseigenschaften aufweisende Produkte aus diesen Ni-Ti-Legierungen sind Ausblaseöffnungen von Luftsteuergeräten, Druckregelventile von Kochgefäßen, medizinische Knochenplatten etc. Produkte aus der Praxis, die Superelastizitätseigenschaften besitzen, umfassen orthodontische Geräte, Stabilisierungsdrähte von Büstenhaltern, Brillenrahmen, medizinische Führungsdrähte etc.

In Verbindung mit derartigen praktischen Anwendungsfällen ist gegenwärtig auch die Entwicklung von bestimmten Technologien in diesen Bereichen vorangetrieben worden. Eine dieser Technologien bezieht sich auf das Verbinden von Ni-Ti-Legierungen mit verschiedenen Metallen.

Bei den Ni-Ti-Legierungen handelt es sich um spezielle Legierungen, die duktil sind, obwohl es sich hierbei um eine intermetallische Verbindung handelt. Der Zusammensetzungsbereich liegt in der Nähe eines Atomverhältnisses von 1:1 zwischen Ni und Ti oder in einem extrem engen Bereich, dem eine sehr kleine Menge eines speziellen Metalls zugesetzt ist. Wenn sich dieser Bereich geringfügig verschiebt, wird das Material rasch spröde. Da diese Legierung darüber hinaus eine hohe Aktivität besitzt, reagiert sie leicht mit vielen Metallen, wie Fe, Cu und Ni, wobei eine spröde Reaktionsphase gebildet wird. Durch die Bildung dieser Reaktionsphase wird das Verschweißen und Verlöten von Ni-Ti-Legierungen mit verschiedenen metallischen Materialien schwierig.

Was die Verbindung von Ni-Ti-Legierungen anbetrifft, so können diese Legierungen selbst in einfacher Weise miteinander durch Fusionsschmelzverfahren, wie beispielsweise Laserschweißen, TIG-Schweißen und Elektronenstrahlschweißen, oder durch Druckschweißverfahren, wie beispielsweise

weise Widerstandsstumpfschweißen, Abbrennschweißen und Reibungsdruckschweißen, verbunden werden. Hierbei ist es bekannt, daß das Widerstandsstumpfschweißen in bezug auf die Festigkeit überlegen ist.

5

Es ist jedoch nicht bekannt, daß Ni-Ti-Legierungen bei hoher Festigkeit mit anderen Metallen als diesen Legierungen direkt miteinander verschweißt werden können. Der Grund hierfür ist darauf zurückzuführen, daß wegen der hohen Aktivität der Ni-Ti-Legierungen diese in einfacher Weise zum Zeitpunkt der Erhitzung zum Schweißen mit Fe, Cu, Ni etc. reagieren, so daß eine spröde Reaktionsphase gebildet wird. Unabhängig von dem eingesetzten Schweißverfahren wird daher immer im Verbindungsbereich eine spröde Reaktionsphase erzeugt, die es unmöglich macht, eine für praktische Zwecke geeignete Festigkeit zu erhalten.

10

15

20

Aus diesem Grunde geht man davon aus, daß das direkte Verschweißen von Ni-Ti-Legierungen mit anderen Metallen unmöglich ist.

Bei den herkömmlichen Verbindungstechniken sind die folgenden zwei Verfahren angewendet worden.

25

30

Bei einem dieser Verfahren handelt es sich um ein mechanisches Verbindungsverfahren. Hierbei wird mittels Nieten etc. eine Klemmverbindung hergestellt und mittels Schrauben eine Befestigung durchgeführt. Diese Verfahren haben jedoch den Nachteil, daß die Verbindungsteile groß werden und daß durch wiederholte Betätigungen Spiel entsteht.

35

Ein anderes Verfahren ist ein Plattierungs/Lötverfahren. Hierbei wird die Verbindungsfläche der Komponente aus den Ni-Ti-Legierungen vorher mit einem leicht lötbaren Metall, d.h. Nickel, einer Kupferlegierung o.ä., plattiert und über

diese Plattierung wird die passende Komponente angelötet. Auf diese Weise wird eine Reaktion zwischen den Ni-Ti-Legierungen und dem als Hartlot wirkenden Verbindungsmetall vermieden und eine stabilisierende Verbindungsfestigkeit erreicht. Aufgrund der Abhängigkeit der Verbindungsfestigkeit von der Haftfestigkeit der Plattierung war jedoch eine Verbindung an Stellen, die hohen Spannungen ausgesetzt sind, unmöglich.

Die vorliegende Erfindung wurde auf der Basis der vorstehend aufgezeigten Probleme konzipiert und betrifft ein Verbindungsverfahren zum festen Verbinden von zwei Komponenten, ohne die Eigenschaften der Ni-Ti-Legierungen zu beeinträchtigen, durch zweckmäßiges Behandeln der spröden Reaktionsphase, die beim Verschmelzen entsteht, wenn eine Komponente, die Ni-Ti-Legierungen umfaßt, direkt durch Schmelzen mit einer Komponente verbunden wird, die andere Metalle oder andere Legierungen enthält, sowie die durch ein derartiges Verfahren erhaltenen verbundenen Teile.

Die entsprechenden Verfahren zum Verbinden der Komponenten sind in den Ansprüchen 1 bis 4 wiedergegeben, während die verbundene Struktur in den Ansprüchen 5 bis 7 angegeben ist.

Die erfindungsgemäßen verbundenen Teile aus Ni-Ti-Legierungen mit anderen Metallen, bei denen es sich um miteinander verbundene Grenzflächenteile aus Ni-Ti-Legierungen mit anderen Metallen als diesen Legierungen handelt, umfassen eine schmelzgeschmiedete Struktur, die durch reaktives Verschmelzen von mindestens einem Metall, das an die verbundene Grenzfläche grenzt, und Aufbringung von Druck erhalten wurde, und eine heißgeschmiedete Struktur aus Ni-Ti-Legierungen, die durch Erweichen der Legierung bei hoher Temperatur und Aufbringung von Druck auf die Ni-Ti-Legierungen



erhalten wurde, sowie eine heißgeschmiedete Struktur aus den anderen Metallen, die durch Erweichen des Metalls bei hoher Temperatur und Aufbringung eines Drucks auf die anderen Metalle über die schmelzgeschmiedete Struktur erhalten wurde.

Es ist von Vorteil, wenn eine Legierung mit Formersinnerungsvermögen oder Superelastizität als Ni-Ti-Legierung verwendet wird, die 40 - 60 % Ni-Ti aufweist, wobei ein Teil des Ni oder Ti in dieser Ni-Ti-Legierung durch Fe, Cr, Al, V, Pd, Ag, Mn, Mg, Co, Nb, Mo und/oder Cu ersetzt ist, und zwar in einem Bereich, der 20 % der Gesamtmenge nicht übersteigt. Wenn die einfachen Metalle Ni, Ti, Cu und Fe, eine Legierung auf Ni-Basis, eine Legierung auf Ti-Basis, eine Legierung auf Fe-Basis und/oder eine Legierung auf Cu-Basis als die anderen Metalle verwendet werden, können gute Effekte erzielt werden.

Des weiteren werden bei dem erfindungsgemäßen Verbindungsverfahren die Verbindungsflächen der Komponente aus den Ni-Ti-Legierungen und der Komponente aus den anderen Metallen beim Verbinden beider Komponenten miteinander in Kontakt gebracht, es wird eine schmelzgeschmiedete Struktur, die durch das reaktive Verschmelzen beider Komponenten und die Aufbringung von Druck erhältlich ist, auf der Verbindungsfläche durch Erhitzen der Verbindungsteile auf eine Schmelztemperatur von einer der Komponenten in kurzer Zeit ausgebildet, wobei ein reaktives örtliches Verschmelzen und ein Erweichen beider Komponenten in dem an den verschmolzenen Bereich angrenzenden Bereich bei hohen Temperaturen stattfindet und gleichzeitig ein hoher Druck auf die Verbindungsteile über beide Komponenten aufgebracht wird, um eine Druckbehandlung durchzuführen, und es wird eine heißgeschmiedete Struktur von Ni-Ti-Legierungen, erhältlich durch Erweichen der Komponente aus den Ni-Ti-Legierungen

bei hoher Temperatur und durch Aufbringung von Druck, auf der Seite dieser Komponente und eine heißgeschmiedete Struktur der anderen Metalle, erhältlich durch das Erweichen der Komponente aus den anderen Metallen bei hoher Temperatur und durch Aufbringung von Druck, auf der Seite dieser Komponente über die schmelzgeschmiedete Struktur ausgebildet.

Ein weiteres Verbindungsverfahren der vorliegenden Erfindung umfaßt das Ausbilden eines herausgedrückten Abschnittes mit geschmiedeter Struktur um den Außenumfang der Verbindungsfläche durch Zusammendrücken der verbundenen Teile unter einem Druck von nicht weniger als  $2 \text{ kg/mm}^2$  durch beide Komponenten, um auf diese Weise bei dem vorstehend erwähnten Verbindungsverfahren den reaktiv verschmolzenen Bereich von der Verbindungsfläche zur Außenseite hin herauszudrücken. Es ist dann von Vorteil, den herausgedrückten Abschnitt abzutrennen und durch Polieren endzubearbeiten.

Gemäß einem weiteren erfindungsgemäßen Verbindungsverfahren werden wärmeabstrahlende Abschnitte, die aus einem hoch wärmeleitenden Material bestehen, an der Seite der Komponente aus den Ni-Ti-Legierungen und an der Seite der Komponente aus den anderen Metallen in der Nachbarschaft der Verbindungsflächen befestigt, und das reaktiv verschmolzene Produkt, das zur Außenseite gedrückt ist, wird unter raschem Abkühlen durch Kontakt mit den wärmeabstrahlenden Abschnitten verfestigt.

Von den Zeichnungen zeigen:

Figur 1 eine Darstellung einer für das erfindungsgemäße Verbindungsverfahren verwendeten Vorrichtung;

- Figur 2 eine Schnittansicht der mit dem erfindungsge-  
mäßten Verbindungsverfahren verbundenen Teile;
- 5 Figur 3 eine Schnittansicht der durch ein zum Ver-  
gleich dienendes Verbindungsverfahren verbun-  
denen Teile;
- 10 Figur 4 ein Photo einer Metallstruktur (Vergrößerung:  
17-fach), das die mit dem erfindungsgemäßen  
Verbindungsverfahren verbundenen Teile aus  
51,0 % Ni-Ti und 87 Gew.% Ni - 13 Gew.% Cr  
zeigt;
- 15 Figur 5 ein Photo einer Metallstruktur (Vergrößerung:  
1500-fach), das die verbundenen Teile gemäß  
Figur 7 in vergrößerter Darstellung zeigt;
- 20 Figur 6 ein vergrößertes Photo der Metallstruktur  
(Vergrößerung: 700-fach), das die heißge-  
schmiedete Struktur von 51,0 % Ni-Ti-Legie-  
rung in den verbundenen Teilen der Figur 4  
zeigt;
- 25 Figur 7 ein vergrößertes Photo einer Metallstruktur  
(Vergrößerung: 700-fach), das die Basismate-  
rialstruktur von 51,0 % Ni-Ti-Legierung in  
der Nachbarschaft des verbundenen Bereiches  
der Figur 4 zeigt;
- 30 Figur 8 ein Photo einer Metallstruktur (Vergrößerung:  
17-fach), das die verbundenen Teile von  
51,0 % Ni-Ti mit 87 Gew.% Ni - 13 Gew.% Cr,  
die durch das zum Vergleich dienende Verbin-  
dungsverfahren verbunden worden sind, zeigt;
- 35

- Figur 9 eine Darstellung der Metallstruktur, die die verbundenen Teile von 51,0 % Ni-Ti und 80 Gew.% Ni - 20 Gew.% Cr, verbunden durch herkömmliches Widerstandsstumpfschweißen, zeigt;
- Figur 10 eine Darstellung des in Beispiel 3 eingesetzten Verbindungstests; und
- Figur 11 eine Schnittansicht der verbundenen Teile im Verbindungstest von Beispiel 3.

Wie vorstehend beschrieben, wird bei der Erfindung eine aus einer schmelzgeschmiedeten Struktur von Ni-Ti-Legierungen und anderen Metallen bestehende Schicht an der Verbindungsfläche ausgebildet. Über dieser Verbindungsfläche werden Schichten einer heißgeschmiedeten Struktur eines jeden Metalls als Ausbildung der verbundenen Teile beider Metalle hergestellt. Die schmelzgeschmiedete Struktur besitzt eine Metallstruktur, die im Zustand der Übertragung der Druckkraft auf die Schmelze durch Aufbringung des Drucks auf die Verbindungsfläche verfestigt worden ist, und zwar gleichzeitig mit dem Zeitpunkt, an dem das eine Metallmaterial an dieser Verbindungsfläche verschmolzen wurde oder kontinuierlich vom Zeitpunkt vor dem Verschmelzen an. Diese schmelzgeschmiedete Struktur wird vorzugsweise in einer Dicke von nicht mehr als etwa 20  $\mu\text{m}$  über die gesamte Verbindungsfläche ausgebildet. Für die durch örtliches Erhitzen an der Verbindungsfläche erzeugte Schmelze reichen eine kurze Zeit und eine sehr kleine Menge aus. Erfindungsgemäß wird die Druckkraft auf die gerade erzeugte Schmelze zur Verfestigung aufgebracht, so daß auf diese Weise eine dünnsschichtige schmelzgeschmiedete Struktur erhalten wird.

Wenn jedoch in Abhängigkeit von den Erhitzungsbedingungen

etc. an den Grenzflächen der Verbindungsteile die verschmolzene Phase in großen Mengen erzeugt oder eine spröde reaktiv verschmolzene Phase aus Ni-Ti-Legierungen und anderen Metallen hergestellt wird, neigt die Festigkeit der verbundenen Teile zum Abfallen. Wenn beispielsweise die Endflächen eines Drahtes einer 51,0 %igen Ni-Ti-Legierung und eines Drahtes einer Legierung aus 80 Gew.% Ni und 20 Gew.% Cr stumpf aneinandergestoßen werden, um das herkömmliche Widerstandsstumpfschweißen durchzuführen, werden zwei Arten von spröden Phasen einer geschmiedeten Struktur (9), die aus einer verschmolzenen Reaktionsphase, welche an der Verbindungsfläche und um deren äußeren Umfangsbereich herum verbleibt, besteht, und einer diffusen Schicht (10) zwischen der flüssigen Phase und der festen Phase, die durch die Reaktion zwischen dem zur Außenseite der verbundenen Teile herausgedrückten Produkt und der Oberfläche der Komponente aus der Ni-Ti-Legierung erzeugt wurde, ausgebildet, wie in Figur 9 gezeigt. Die bei diesen beiden Schichten anfangs auftretenden Brüche sind der Hauptgrund für eine herabgesetzte Verbindungsfestigkeit.

Erfindungsgemäß werden somit die verbundenen Teile derart verfestigt, daß für eine derartige verschmolzene Reaktionsphase die spröde reaktiv verschmolzene Phase und eine extra verschmolzene Phase zur Außenseite der Komponenten gedrückt werden, indem sowohl die Seite der anderen Metalle als auch die Seite der Ni-Ti-Legierungen über die verschmolzene Reaktionsphase bei hoher Temperatur erweicht und somit als Druckmedium verwendet wird und indem die Verbindungsfläche einer Druckbehandlung unterzogen und gleichzeitig die schmelzgeschmiedete Struktur geformt wird, indem die verbleibende Minimalmenge der verschmolzenen Phase schmiedebehandelt und somit verfestigt wird. Da ferner die Druckkraft auch auf die bei hoher Temperatur erweichten Bereiche auf beiden Seiten der schmelzgeschmiedeten Struktur aufgebracht

wird, werden die heißgeschmiedeten Strukturen ausgebildet, die eine Spannungskonzentration an der Verbindungsfläche verhindern.

- 5 Die minimale Druckkraft hängt von den physikalischen Eigenschaften der anderen Metalle ab. Sie sollte jedoch normalerweise nicht geringer als  $2 \text{ kg/mm}^2$  sein. Wenn die Druckkraft unter  $2 \text{ kg/mm}^2$  liegt, ist die Kraft zum Herausdrücken der reaktiv verschmolzenen Phase etc. von der Verbindungs-
- 10 fläche nach außen zu gering und auch die erhaltene geschmiedete Struktur ist unzureichend.

- Des weiteren ist es für die spröde diffundierte Schicht von Bedeutung, die an der Verbindungsfläche erzeugte Schmelze
- 15 auf eine Minimalmenge zu drücken, um auf diese Weise die durch die Aufbringung von Druck auf die Verbindungsfläche herausgedrückte Schmelze zu minimieren und die Erzeugung der spröden diffundierten Schicht zu verhindern. Das Erhitzen der Verbindungsteile wird daher auf eine kurze Zeit-
- 20 dauer und auf einen örtlichen Bereich beschränkt. Wenn zuviel Schmelze erzeugt wird, werden wärmeabstrahlende Abschnitte, die aus einem stark wärmeleitenden Material bestehen, vorher an beiden Komponenten auf der Seite der Ni-Ti-Legierungen und der Seite der anderen Metalle in der
- 25 Nachbarschaft der Verbindungsteile befestigt, so daß auf diese Weise die große Menge der zur Außenseite der Verbindungsfläche gedrückten Schmelze rasch verfestigt und die Erzeugung einer diffusen Reaktionsphase der Ni-Ti-Legierungen mit der Schmelze verhindert werden kann. Wenn beide
- 30 wärmeabstrahlenden Abschnitte (wärmeabstrahlende Halter) in enge Nachbarschaft zur Verbindungsfläche gebracht werden, so daß die herausgedrückte Schmelze sofort von den wärmeabstrahlenden Haltern kontaktiert wird, erstreckt sich die Schmelze zwischen beiden wärmeabstrahlenden Haltern, was
- 35 für ein rasches Abkühlen wirksamer ist.

Der wärmeabstrahlende Abschnitt (wärmeabstrahlende Halter) tritt mit der Schmelze in Kontakt, die unter der vorstehend beschriebenen raschen Abkühlung verfestigt wird. Er hat  
5 darüber hinaus die Aufgabe, die Position des Verbindungs-  
reiches so zu fixieren, daß er sich nicht verschiebt, wenn der Druck auf die Verbindungsfläche aufgebracht wird.

Diese wärmeabstrahlenden Halter können durch Luftkühlung  
10 natürlich abgekühlt werden. Wenn wärmeabstrahlende Halter  
verwendet werden, die aus einem Material bestehen, das eine  
relativ schlechte Wärmeleitfähigkeit besitzt, kann eine  
große Wirkung erzielt werden, wenn die wärmeabstrahlenden  
Halter mit Wasser, flüssigem Gas etc. zwangsweise gekühlt  
15 werden.

Da die zur Außenseite der Komponenten gedrückte Schmelze um  
die Verbindungsfläche verfestigt wird und den herausge-  
drückten Abschnitt, der eine normale geschmiedete Struktur  
20 besitzt, bildet, ist es möglich, eine hohe Festigkeit für  
die verbundenen Teile aufrechtzuerhalten, indem die Ober-  
fläche nach dem Abtrennen des herausgedrückten Abschnittes  
poliert wird.

Da ferner erfindungsgemäß die Verbindungsteile beider Kom-  
ponenten über eine kurz Zeitdauer örtlich erhitzt werden,  
kann eine Verschlechterung der Eigenschaften, insbesondere  
eine Verschlechterung der Formerinnerungseigenschaften und  
der Superelastizitätseigenschaften, aufgrund des Einflusses  
30 der Wärme auf einen anderen Bereich als den der verbundenen  
Teile verhindert werden. Durch Anordnung der wärmeabstrah-  
lenden Halter wird eine weitere Verbesserung des Wirkungs-  
grades erzielt.

35 Diese wärmeabstrahlenden Halter verhindern zusätzlich zu

dem Kühleffekt eine Verformung in einem anderen Bereich als den verbundenen Teilen. Es ist ferner die Verbindung von Präzisionsteilen, die Profilmaterialien umfassen, möglich.

- 5 Zum Erhitzen der Verbindungsfläche kann ein übliches Widerstandsschweißgerät verwendet werden.

Nachfolgend wird die Erfindung auf der Basis von Ausführungsbeispielen beschrieben.

10

#### Beispiel 1

- 15 Unter Verwendung eines Schweißgerätes, das mit einer Druckvorrichtung 1 und einer Schweißstromquelle 2 versehen war, wie in Figur 1 gezeigt, wurden die folgenden Versuche durchgeführt.

- 20 Ein superelastischer Draht 3 mit einem Drahtdurchmesser von 2,6 mm und einer Länge von 20 mm als Ni-Ti-Legierung mit 51 % Ni, Rest Ti, und andere Metalldrähte 4, die ebenfalls einen Drahtdurchmesser von 2,6 mm und eine Länge von 20 mm besaßen und deren Zusammensetzungen in Tabelle 1 aufgeführt sind, wurden zwischen Luftkühlelektroden 5 geklemmt, die
- 25 aus eine Kupfer-Chrom-Legierung bestanden und als wärmeabstrahlende Halter dienten, wie in Figur 1 gezeigt. Bei dem erfindungsgemäßen Verbindungsverfahren wurden zuerst die Endflächen des superelastischen Drahtes und des anderen Metalldrahtes mit der Druckvorrichtung 6 unter einen Druck
- 30 von 20 kg/mm<sup>2</sup>, 10 kg/mm<sup>2</sup> oder 3 kg/mm<sup>2</sup> gesetzt. In diesem Zustand wurde ein optimaler Stromwert zwischen 1500 und 3000 A in Abhängigkeit vom Unterschied der physikalischen Eigenschaften eines jeden Metalles ausgewählt, und der Strom wurde über 1/20 sec eingeschaltet, um eine Verbindung
- 35 durchzuführen. Als zweites wurde für ein als Vergleich



dienendes Verbindungsverfahren die Druckkraft auf 1,5 kg/mm<sup>2</sup> abgesenkt, um beide Drähte unter den gleichen Bedingungen mit Ausnahme der Druckkraft zu verbinden.

5 Der Zustand der mit dem erfindungsgemäßen Verbindungsverfahren und dem als Vergleich dienenden Verbindungsverfahren verbundenen Teile zu diesem Zeitpunkt ist in den Figuren 2 und 3 gezeigt. Gemäß Figur 2 steht die herausgedrückte Schmelze M über eine Ebene mit Luftkühlelektroden 5, 5 in  
10 Kontakt, wobei sie zwischen diese Elektroden 5, 5 eingeführt ist, und wird unter einer aufgezwungenen Abkühlung verfestigt, während bei dem zum Vergleich dienenden Verbindungsverfahren bei abnehmender Druckkraft die Menge der herausgedrückten Schmelze M geringer war, wie in Figur 3  
15 gezeigt, so daß sich die Schmelze durch natürliche Abkühlung verfestigte.

Bei dem herkömmlichen Verbindungsverfahren wurde die Endfläche des superelastischen Drahtes mit Ni plattiert, und  
20 durch Anlöten der in Tabelle 1 gezeigten unterschiedlichen Metalldrähte wurden die Drähte verbunden.

Mit diesen verbundenen Drähten wurde der Zugfestigkeitstest durchgeführt, wobei beide festgeklemmte Enden einer Zugkraft ausgesetzt wurden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1  
25 gezeigt. Eine Probe mit einer Zugfestigkeit von nicht weniger als 50 kg/mm<sup>2</sup> wurde mit © markiert. Eine Probe mit einer Zugfestigkeit von nicht weniger als 30 kg/mm<sup>2</sup> und von weniger als 50 kg/mm<sup>2</sup> wurde mit O markiert. Eine Probe mit  
30 einer Zugfestigkeit von nicht weniger als 20 kg/mm<sup>2</sup> und weniger als 30 kg/mm<sup>2</sup> wurde mit Δ markiert, während eine Probe mit einer Zugfestigkeit von weniger als 20 kg/mm<sup>2</sup> mit X markiert wurde. Die für praktische Einsatzzwecke erforderliche Festigkeit ist nicht geringer als 20 kg/mm<sup>2</sup>.

Tabelle 1

andere Metalle	Druckkraft beim Verbinden (kg/mm <sup>2</sup> )				Plattierung/ Löten
	20	10	3	1,5	
Gew. %					
87 Ni - 13 Cr	⊙	⊙	○	△	x
75 Ni - 25 Cu	⊙	○	-	-	-
Fe (S K 4)	○	○	x	-	-
SUS 304	○	○	x	-	x
Ti	x	△	△	-	x
60 Cu - 40 Ni	○	○	-	-	-

Wie aus Tabelle 1 hervorgeht, besitzen sämtliche mit dem erfindungsgemäßen Verbindungsverfahren verbundenen Teile, bei denen die Druckkraft beim Verbinden 10 kg/mm<sup>2</sup> betrug, eine Festigkeit, die nicht geringer als 20 kg/mm<sup>2</sup> ist und sind somit in ausreichender Weise für die Praxis geeignet. Demgegenüber liegt die Festigkeit sämtlicher nach dem herkömmlichen Lötverfahren verbundener Teile unter 20 kg/mm<sup>2</sup>. Darüber hinaus beträgt bei dem zum Vergleich dienenden Verbindungsverfahren die Druckkraft beim Verbinden 1,5 kg/mm<sup>2</sup>. Es konnte keine ausreichende Festigkeit erzielt werden.

Photos der geschweißten Struktur der erfindungsgemäß verbundenen Teile sind in den Figuren 4 und 5 gezeigt, wobei ein 87Ni-13Cr-Draht als passendes Material der Ni-Ti-Legierung (51,0 % Ni, Rest Ti) von den Verbindungsdrähten mit einer Druckkraft von 20 kg/mm<sup>2</sup> verbunden wurde. Eine Photo der geschweißten Struktur der als Vergleich dienenden verbundenen Teile, die unter einem Druck von 1,5 kg/mm<sup>2</sup>

verbunden wurden, ist in Figur 8 gezeigt.

Gemäß Figur 4 ist die Reaktionsphase beider Legierungen zur Außenseite der verbundenen Teile gedrückt. Gemäß Figur 5 ist die Verbindungsfläche vergrößert. Man kann erkennen, daß eine etwa  $10\text{ }\mu\text{m}$  dicke schmelzgeschmiedete Struktur 11 an der Verbindungsfläche ausgebildet wurde und daß sich über dieser eine heißgeschmiedete Struktur 12 einer 51,0 %igen Ni-Ti-Legierung auf einer Seite und eine heißgeschmiedete Struktur 13 von 87Ni-13Cr auf der anderen Seite ausbildete.

In den Figuren 6 und 7 sind Mikrophotographien der heißgeschmiedeten Struktur 12 der 51Ni-Ti-Legierung und der Basismaterialstruktur 14 der 51Ni-Ti-Legierung, die nicht heißgeschmiedet wurde, gezeigt.

Im Gegensatz dazu geht aus dem Strukturphoto der Figur 8 hervor, daß die Reaktionsphase innerhalb der Verbindungsfläche verbleibt. Man kann davon ausgehen, daß sich aufgrund der geringen Druckkraft und/oder der unzureichenden Ausbildung der heißgeschmiedeten Struktur die reaktiv verschmolzene Phase so wie sie war verfestigte.

## Beispiel 2

Als nächstes wurden ein mit einem superelastischen Draht aus einer 51,0 %igen Ni-Ti-Legierung unter einer Druckkraft von  $20\text{ kg/mm}^2$  oder  $1,5\text{ kg/mm}^2$  verbundener in Tabelle 1 aufgeführter SUS 304 Draht und ein über das herkömmliche Plattierungs/Lötverfahren verbundener Draht verwendet. Es wurde ein wiederholter Biegetest durchgeführt, wobei die Probe um einen Winkel von  $90^\circ$  sowohl vorne als auch hinten (insgesamt  $180^\circ$ ) mit der Verbindungsfläche als

Mitte gebogen wurde. Der Biegevorgang wurde mit einer Geschwindigkeit von 30 Vorgängen pro Minute durchgeführt und 240 mal wiederholt.

- 5 Der mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verbindungsverfahrens bei einer Druckkraft von  $20 \text{ kg/mm}^2$  verbundene Draht gewann nach Beendigung des Tests ohne Verformung vollständig wieder seine ursprüngliche Form zurück, und die Superelastizitätseigenschaften waren in keiner Weise verschlechtert.
- 10 Demgegenüber waren jedoch die mit Hilfe des als Vergleich dienenden Verbindungsverfahrens unter einer Druckkraft von  $1,5 \text{ kg/mm}^2$  durch herkömmliches Plattieren/Löten verbundenen Drähte beim Test an den verbundenen Teilen gebrochen.

15

### Beispiel 3

Die folgenden Versuche wurden mit dem in Figur 1 gezeigten Schweißgerät durchgeführt.

20

Es wurden ein Runddraht mit einem Drahtdurchmesser von 1,5 mm und einer Länge von 40 mm aus 50,8 % Ni, Rest Ti, der einer Linearformerinnerungsbehandlung über 30 min bei  $500^\circ \text{ C}$  unterzogen worden war (hiernach als Runddraht bezeichnet), als Ni-Ti-Legierung und zwei Profildrähte für die Einfassung eines Brillenrahmens mit einer Länge von 200 mm aus Monel (hiernach als Profildraht bezeichnet) als andere Metalle verwendet.

25

- 30 Nach dem Festklemmen zwischen Luftkühlelektrodenhaltern 5', 5', die Kupfer und Chrom aufwiesen, wie in Figur 10 gezeigt, um die Seitenflächen durch Überlappen des Spitzenabschnittes der Profildrähte 8 an beiden Enden des Runddrahtes 7 um 5 mm zu verbinden, wurde im Zustand einer
- 35 Druckbeaufschlagung mit  $10 \text{ kg/mm}^2$  ein Strom von 1200 A über

1/30 sec eingeschaltet, um das Verbinden zu beenden. Der Zustand zu diesem Zeitpunkt ist in Figur 11 gezeigt. Hieraus wird deutlich, daß die aus der Verbindungsfläche herausgedrückte Schmelze M mit den Luftkühlelektrodenhaltern 5', 5' als wärmeabstrahlenden Haltern in Kontakt trat und sich unter rascher Abkühlung verfestigte.

Als nächstes wurde nach dem Abtrennen und Polieren des von der Verbindungsfläche nach außen gedrückten Abschnittes jeder Profildraht auf beiden Seiten eingespannt, und es wurde der wiederholte Verdrehtest durchgeführt, indem die Probe um einen Winkel von 120° jeweils nach rechts und links (insgesamt 240°) in Axialrichtung mit einer Geschwindigkeit von 10 Vorgängen/min verdreht wurde. Der Vorgang wurde 1000 mal wiederholt.

Es ergab sich, daß die verbundenen Teile nicht gebrochen und die Superelastizitätseigenschaften kaum verschlechtert waren.

Auf diese Weise können mit dem erfindungsgemäßen Verbindungsverfahren das die anderen Metalle repräsentierende Material und das die Ni-Ti-Legierungen repräsentierende Material mit hoher Festigkeit miteinander verbunden werden, ohne daß die überlegenen Eigenschaften der Ni-Ti-Legierungen beeinflußt werden. Demgegenüber war bei dem als Vergleich dienenden Verbindungsverfahren und dem herkömmlichen Verbindungsverfahren die Verbindungsfestigkeit zu gering, um den wiederholten Biegetest durchzuführen.

Wie vorstehend in Verbindung mit der Erfindung erläutert, können Ni-Ti-Legierungen, die überlegene Eigenschaften besitzen, wie Formerinnerungsvermögen und Superelastizität, in einfacher Weise mit anderen Metallen mit hoher Festigkeit und ohne Verschlechterung dieser Eigenschaften

verbunden werden. Die Erfindung sorgt daher für eine weite Verbreitung der Verwendung von Ni-Ti-Legierungen u.ä.

5 Erfindungsgemäß werden verbundene Teile aus Ni-Ti-Legierungen mit anderen Metallen beschrieben, die miteinander verbundene Grenzflächenteile aus Ni-Ti-Legierungen mit anderen Metallen als diesen Legierungen besitzen, wobei die Teile eine schmelzgeschmiedete Struktur, die durch reaktives Verschmelzen aufgrund des Verschmelzens von mindestens einem  
10 Metall, das an die Verbindungsfläche grenzt, und die Aufbringung von Druck erhalten wurde, und eine heißgeschmiedete Struktur aus Ni-Ti-Legierungen, die durch Erweichen der Legierung bei hoher Temperatur und durch Druckaufbringung auf der Seite der Ni-Ti-Legierungen erhalten wurde,  
15 sowie eine heißgeschmiedete Struktur aus den anderen Metallen, die durch Erweichen des Metalls bei hoher Temperatur und Druckaufbringung auf der Seite der anderen Metalle über die schmelzgeschmiedeten Struktur erhalten wurde, aufweisen. Ferner wird erfindungsgemäß ein direktes Verbindungsverfahren zum Erhalten dieser verbundenen Teile offenbart.  
20

Es ist somit möglich, eine Komponente aus Ni-Ti-Legierungen mit einer Komponente aus anderen Metallen mit hoher Festigkeit zu verbinden, ohne die Eigenschaften der Komponenten  
25 zu verschlechtern.

Deutschsprachige Übersetzung der Patentansprüche  
des europäischen Patents Nr. 0 508 414  
der europäischen Patentanmeldung Nr. 92 106 086.9-2302

5

### Patentansprüche

10

1. Verfahren zum Verbindung einer Komponente aus einer  
Ni-Ti-Legierung mit einer Komponente aus einem anderen  
Metall mit den Schritten des Kontaktierens der Verbin-  
dungsflächen der zu verbindenden Teile der Komponente  
aus der Ni-Ti-Legierung und der Komponente aus dem an-  
deren Metall und des Pressens der Verbindungsflächen  
gegeneinander sowie des Erhitzens der zu verbindenden  
Teile auf die Verschmelztemperatur einer der Komponen-  
ten in kurzer Zeit, um auf diese Weise örtlich einen  
reaktiv verschmolzenen Abschnitt zu erzeugen, dadurch  
gekennzeichnet, daß das Verfahren den weiteren Schritt  
des Erweichens beider Komponenten in den an den reakti-  
v verschmolzenen Abschnitt grenzenden Teilen bei hoher  
Temperatur und des gleichzeitigen weiteren Pressens  
der zu verbindenden Teile gegeneinander unter hohem  
Druck aufweist, um auf diese Weise heißgeschmiedete  
Strukturen (12, 13) in den angrenzenden Teilen mit  
einer dünnsschichtigen schmelzgeschmiedeten Struktur  
(11) dazwischen, die den reaktiv verschmolzenen  
Abschnitt umfaßt, auszubilden.
2. Verbindungsverfahren nach Anspruch 1, bei dem die zu  
verbindenden Teile mit einem Druck von nicht weniger  
als  $2 \text{ kg/mm}^2$  beaufschlagt werden, um auf diese Weise

35

den reaktiv verschmolzenen Abschnitt von den Verbindungsflächen nach außen zu drücken und auf diese Weise einen herausgedrückten Abschnitt (M) zu bilden.

- 5      3.      Verbindungsverfahren nach Anspruch 2, bei dem die Komponenten durch wärmeabstrahlende Halter (5) in der Nachbarschaft der Verbindungsflächen gehalten werden, wobei diese Halter den von den Verbindungsflächen herausgedrückten reaktiv verschmolzenen Abschnitt kontaktieren und auf diese Weise eine rasche Verfestigung herbeiführen und gleichzeitig die schmelzgeschmiedete Struktur ausbilden.  
10
- 15      4.      Verbindungsverfahren nach einem der Ansprüche 2 und 3, bei dem der herausgedrückte Abschnitt (M) abgetrennt und durch Polieren endbearbeitet wird.
- 20      5.      Verbundene Struktur aus einer Komponente einer Ni-Ti-Legierung und einer Komponente eines anderen Metalls, die heißgeschmiedete Strukturen (12, 13) an jeder der Komponenten, die durch das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4 hergestellt wurden, und eine dünn-schichtige schmelzgeschmiedete Struktur (11), die  
25      einen reaktiv verschmolzenen Verbindungsabschnitt der Ni-Ti-Legierung und der Komponente des anderen Metalls zwischen den heißgeschmiedeten Strukturen umfaßt, aufweist.
- 30      6.      Verbundene Struktur nach Anspruch 5, bei der die Ni-Ti-Legierung eine Legierung mit Formerinnerungsvermögen oder eine Legierung mit Superelastizität ist, welche eine 40 - 60 % Ni-Ti-Legierung oder Ni-Ti-Legierung umfaßt, wobei ein Teil des Ni oder Ti in dieser Ni-Ti-Legierung durch ein, zwei oder mehr der nachfolgenden Elemente Fe, Cr, Al, V, Pd, Ag, Mn, Mg, Co, Nb,  
35



Mo und Cu ersetzt ist, und zwar in einem Bereich, der insgesamt 20 % nicht übersteigt.

- 5 7. Verbundene Struktur nach Anspruch 5, bei der das andere Metall Ni, Ti, Cu, Fe, eine Legierung auf Ni-Basis, eine Legierung auf Ti-Basis, eine Legierung auf Fe-Basis oder eine Legierung auf Cu-Basis ist.

Fig. 1

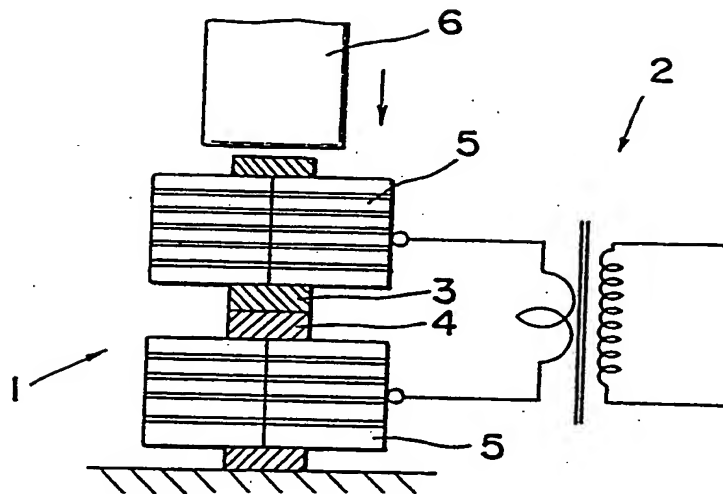


Fig. 2

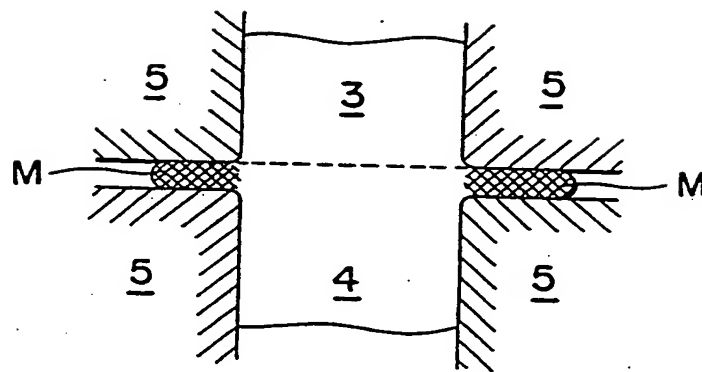


Fig. 3

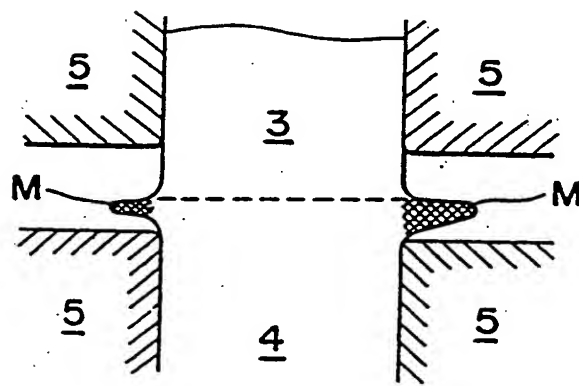
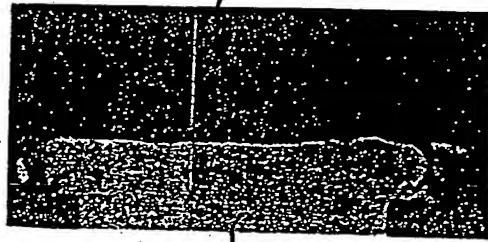


Fig. 4

51Ni-49Ti



87Ni-13Cr

Fig. 5

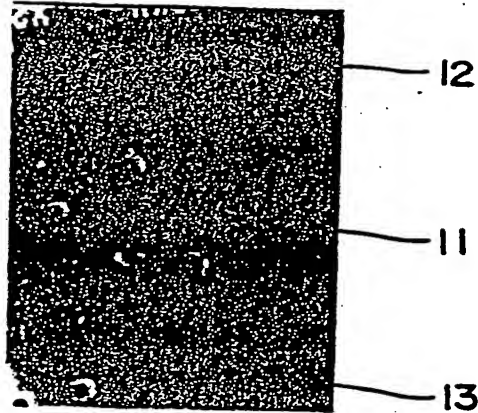
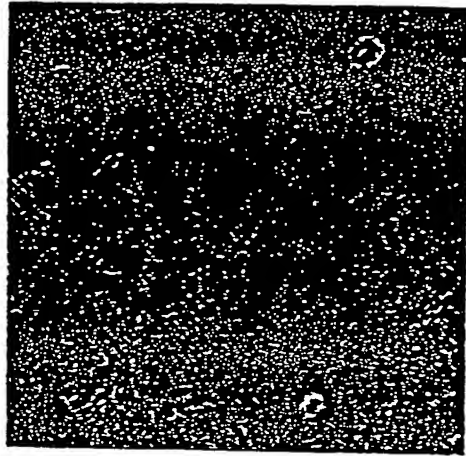
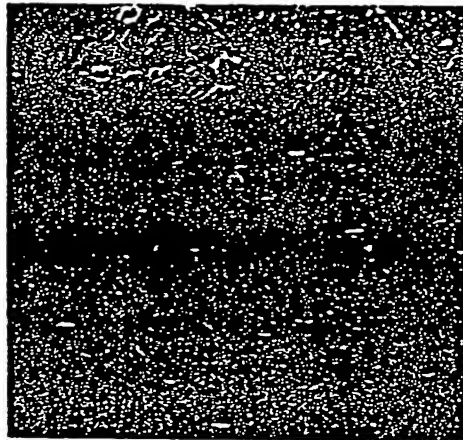


Fig. 6



12

Fig. 7

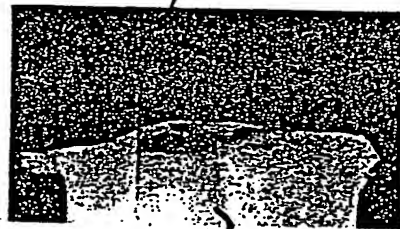


14

5/7

Fig. 8

51Ni-49Ti



87Ni-13Cr

Fig. 9

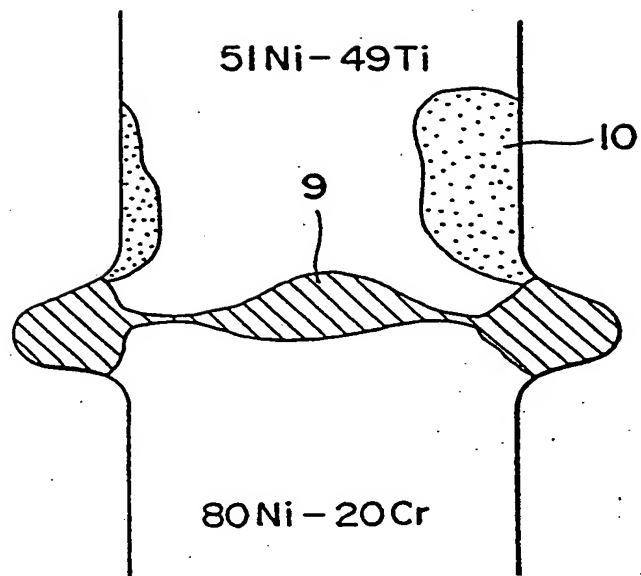


Fig. 10

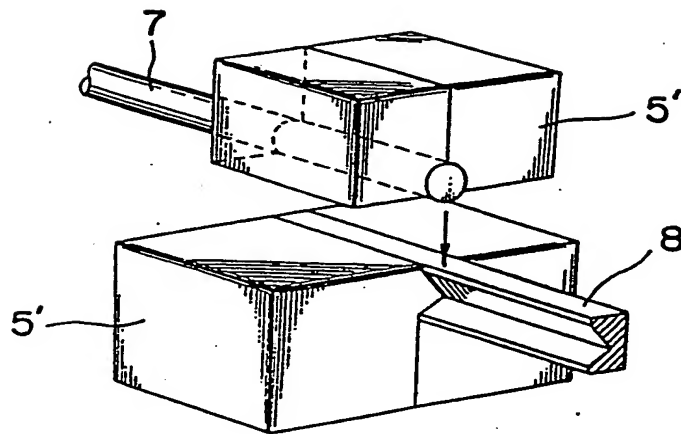


Fig. 11

